

NATUURFOCUS

Tijdschrift over natuurstudie en -beheer

JAARGANG 22 • N° 4 • 2023 Maart | Juni | September | **December**

Retouradres: Natuurpunt • Coxiestraat 11 B-2800 Mechelen

bpost / PB-PP
BELGIE(N) - BELGIQUE



Natuur en gezondheid – kansen en uitdagingen

De **mosflora** van Vlaanderen • **Oudbosplanten** en dynamiek van het bosareaal
Groene handhaving in Vlaanderen: **Natuurinspectie**

De veranderende mosflora van Vlaanderen (1980–2019)

Wouter Van Landuyt, Dirk De Beer & Hans Van Calster

De soortengroep die we in het Nederlands mossen noemen, bestaat uit drie verschillende taxonomische groepen van planten: de hauwmossen, de levermossen en de bladmossen. Het is op de bloemplanten na de grootste groep van landplanten en het waren ook de eerste soorten die het land veroverd hebben. Mossen staan bekend als goede indicatoren voor luchtvervuiling, maar veel soorten zijn ook indicatief voor klimaatverandering, verdroging of vermesting. De voorbije veertig jaar werden mossen in kaart gebracht door de leden van de Werkgroep Bryologie en Lichenologie. We wilden nagaan welke mogelijke factoren aan de oorzaak liggen van de veranderingen in de mosflora aan de hand van enkele indicatoren en de habitatvoorkeur van de soorten. Hier lichten we de voornaamste veranderingen in de verspreiding toe.

Kort en bondig

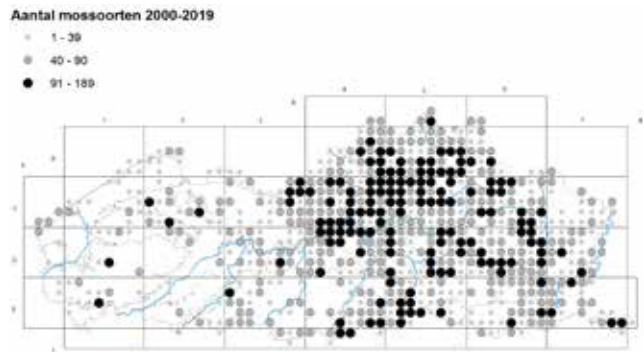
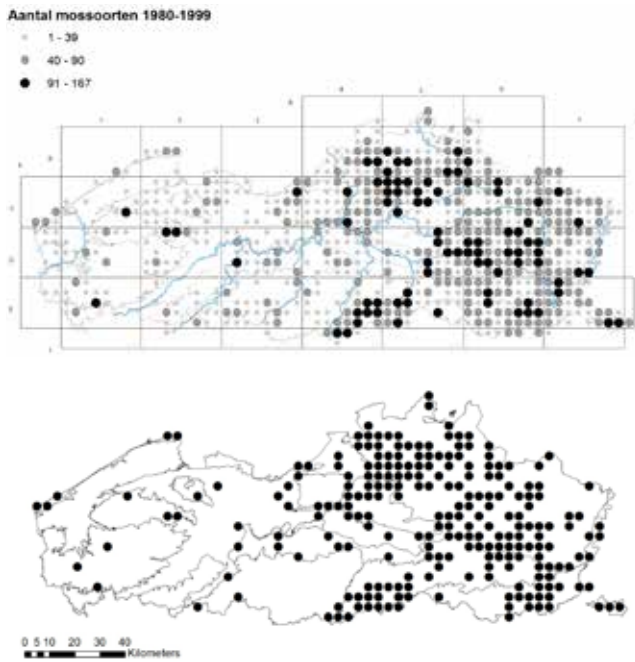
- De verspreidingspatronen van mossen zijn de laatste veertig jaar sterk gewijzigd.
- Soorten die op de schors van bomen groeien hebben zich spectaculair hersteld van de zware luchtvervuiling door zwaveldioxide in de jaren 1965 tot 1980.
- Terrestrische levermossen gaan veel sterker achteruit dan bladmossen.
- Soorten met een zuidelijk areaal nemen sterk toe, terwijl soorten met een noordelijk areaal achteruitgaan. Een signatuur van klimaatverandering.
- Levermossen van natte vochtige milieus gaan sterker achteruit dan die van droge milieus.

Verschuivingen in de verspreiding van mossen meten

Mossen zijn een van de meest soortenrijke groepen van landplanten. In Vlaanderen komen volgens de laatste checklist 532 soorten mossen voor waarvan 4 hauwmossen, 117 levermossen en 411 bladmossen (De Beer & Van Landuyt 2019). Mossen behoren niet tot de best onderzochte soortengroepen in Vlaanderen. Slechts hooguit een handvol specialisten zijn echt actief bezig met het in kaart brengen van mossen. Een handlens is essentieel voor de herkenning van de soorten in het terrein maar ook daarmee zijn lang niet alle soorten op naam te brengen. Voor veel soorten is microscopisch onderzoek nodig, wat de modale natuurliefhebber wellicht afschrikt. Dit heeft als gevolg dat de mosflora zeker niet in heel Vlaanderen voldoende in kaart werd gebracht. Met name regio's met veel intensieve landbouw en weinig natuur zijn slecht geïnventariseerd (Van Landuyt et al. 2020). Nochtans zijn mossen goede indicatoren voor o.a.



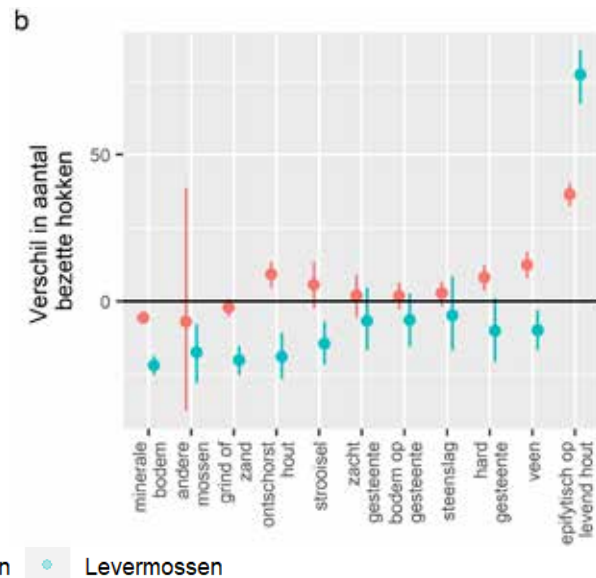
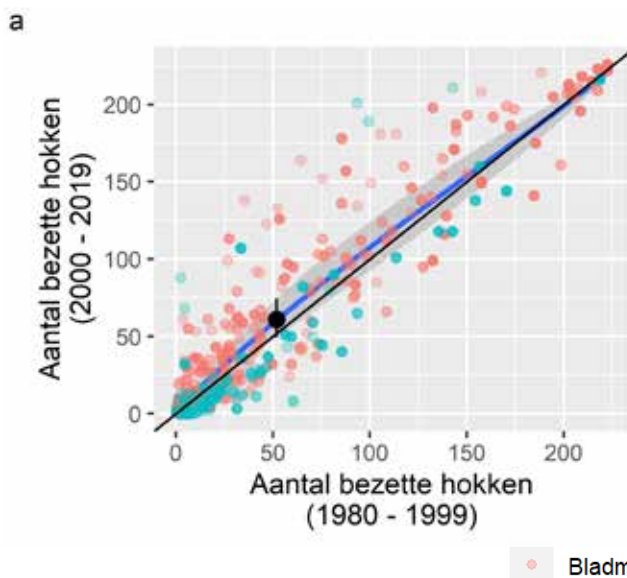
Helmroestmos *Frullania dilatata* is een epifytisch levermos dat sterk is toegenomen na het verbeteren van de luchtkwaliteit sinds de jaren 1980. (©Wouter Van Landuyt)



Figuur 1. Geïnventarieerde IFBL uurhokken in de periode 1980 tot 1999 (boven links), de periode 2000 tot 2019 (boven rechts) en de selectie van uurhokken met minimum veertig gedetecteerde soorten in beide perioden (onder).

luchtvervuiling en klimaatveranderingen. Ze reageren relatief snel op veranderingen in het milieu, onder andere omdat ze voedingsstoffen rechtstreeks via de lucht en de neerslag opnemen in hun bladcellen en daardoor extra gevoelig zijn. Bovendien kunnen ze zich over grote afstanden verbreiden omdat hun sporen erg klein en licht zijn in vergelijking met bv. de zaden van bloemplanten. Met de wind kunnen ze gemakkelijk vele kilometers ver vliegen en zelfs oceanen oversteken. Het in kaart brengen van de voornaamste bedreigingen voor de mosflora kan ons ook helpen om de aandacht voor de mosflora in het natuurbeheer te verhogen.

Om de veranderingen op een objectieve manier te kunnen detecteren, gebruikten we de dataset van de Werkgroep Bryologie en Lichenologie (Van Landuyt et al. 2022). We splitsen de dataset op in twee perioden: 1980 tot 1999 en 2000 tot 2019. We hielden enkel rekening met locaties die in beide perioden voldoende geïnventarieerd werden (IFBL-uurhokken van 4x4 km). Als criterium om uurhokken te weerhouden voor de analyse hanteerden we een minimum van veertig soorten per uurhok in beide perioden. Dit had als gevolg dat het aantal bruikbare hokken nog meer beperkt werd omdat niet alle hokken in beide perioden geïnventarieerd werden (Figuur 1). Er werd rekening gehouden



Figuur 2. (a) toont de veranderingen van de individuele soorten aan in aantal bezette hokken tussen de periode 1980 tot 1999 en de periode 2000 tot 2019. De zwarte lijn toont aan wanneer er niets veranderd zou zijn. De blauwe lijn toont het effect van de toegenomen inventarisatie-inspanning, aangezien die boven de zwarte lijn ligt. Punten stellen de individuele soorten voor, punten boven de blauwe lijn zijn toenemende soorten, soorten onder de blauwe afnemende soorten. (b) Veranderingen in de bezette hokken van de soorten per microhabitat. Punten boven de zwarte lijn betekenen een toename in bezette hokken, punten onder de zwarte lijn betekenen een afname. Het rode of blauwe punt geeft de gemiddelde verandering aan voor respectievelijk blad- en levermossen, de rode en blauwe lijnen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan (95% van alle soorten per microhabitat vallen binnen deze range). Als het betrouwbaarheidsinterval overlapt met de zwarte lijn is de verandering niet significant. (Van Landuyt & Van Calster 2022).

Box 1: Milieu-indicatorwaarden voor mossen

Ellenbergwaarden zijn indicatorwaarden die oorspronkelijk ontwikkeld zijn voor vaatplanten (Ellenberg et al. 1991), maar ze werden ook toegepast op mossen (Hill et al. 2007). Het zijn numerieke waarden die voor elke soort aangeven waar ze ergens thuishoren in een bepaalde milieugradiënt, bv. van nat naar droog of van voedselarm naar voedselrijk.

Wij gebruikten volgende Ellenbergindicatoren: Ellenberg N, Ellenberg F, Ellenberg L, Ellenberg T (zie **Figuur 2c-2f**)

Ellenberg N geeft een milieugradiënt aan van voedselrijkdom van de omgeving. Een soort met waarde 1 is indicatief voor zeer voedselarm milieu en een soort met waarde 9 voor zeer voedselrijke milieus.

Ellenberg F geeft een milieugradiënt aan van zeer droog (1) naar zeer vochtig tot zelf ondergedompeld in het water (12). 1 staat voor extreem droge milieus die regelmatig volledig uitdrogen, 9 voor permanent natte milieus. 10 zijn tijdelijk droogvallende poelen, 11 drijvende waterplanten en 12 ondergedompelde waterplanten.

Ellenberg L geeft een milieugradiënt aan gaande van volledige duisternis (1) tot volledig zon geëxponeerde milieus (9).

Ellenberg T getal geeft een milieugradiënt aan van koud naar warm: 1 is voor soorten van koude arctische gebieden of het hooggebergte tot 9 voor soorten van warme subtropische gebieden

met een mogelijke toename in inventarisatie-inspanning tussen beide perioden (Telfer et al. 2002) en met mogelijke verschillen tussen de taxonomische groep (lever- of bladmos) (**Figuur 2a**) (Van Landuyt & Van Calster 2022).

Mossen als milieu-indicatoren

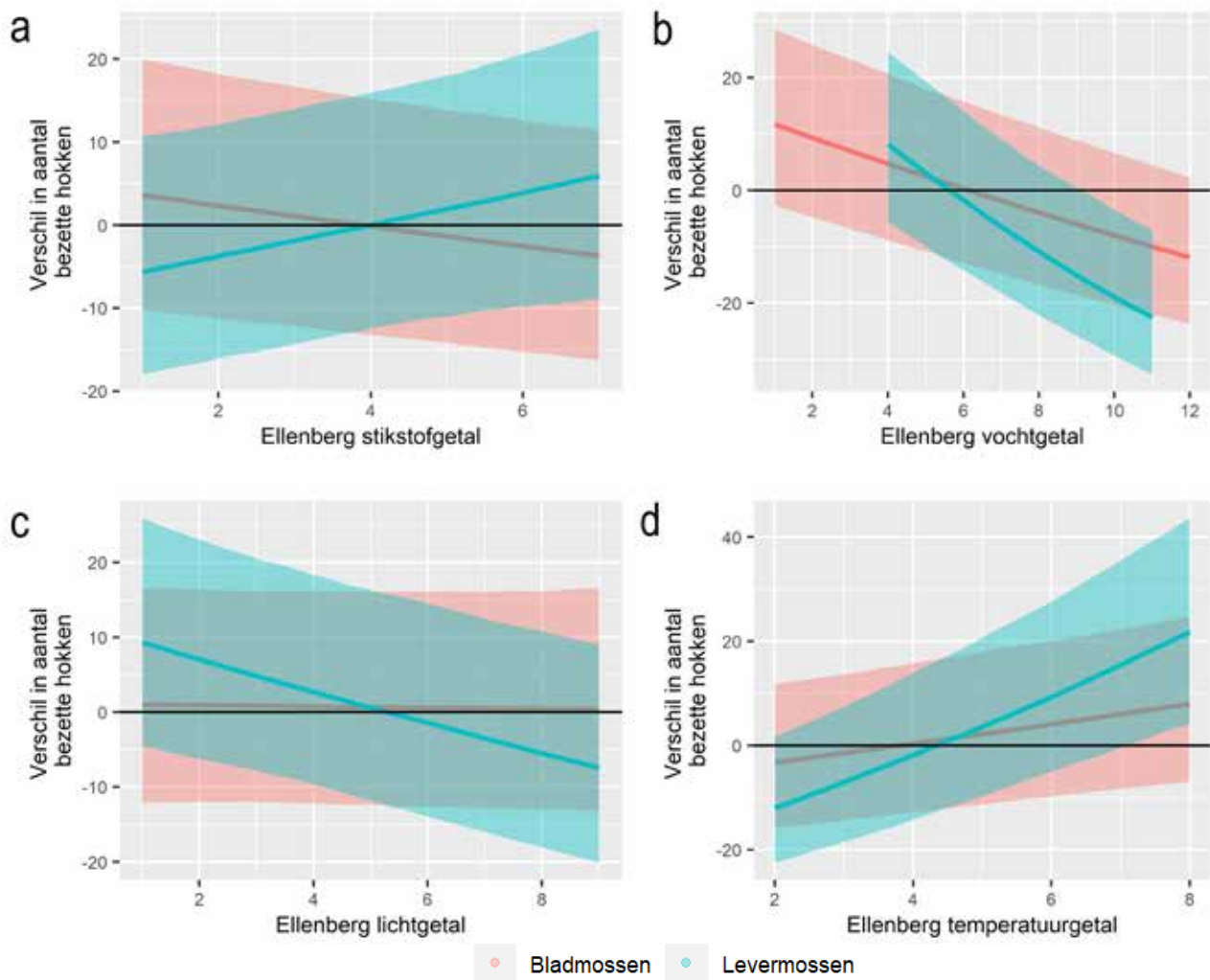
Onze analyse laat toe trends van individuele soorten in te schatten. Maar als een aantal soorten met gelijkaardige ecologie een zelfde trend vertonen, dan suggereert dit een zelfde onderliggende verandering in het milieu. Om algemene trends

te detecteren maakten we daarom gebruik van kenmerken van de individuele soorten zoals de taxonomische groep (levermos- sen of bladmos), voorkeur voor bepaalde microhabitats of substraten (**Figuur 2b**) en indicatorwaarden voor milieumomstandigheden (Ellenbergwaarden, **Box 1**). Deze waarden haalden we uit de databank BRYOATT (Hill et al. 2007). Zo kunnen de trends van de individuele soorten veralgemeend worden naar milieudrukken en habitats.

De courant gebruikte habitatclassificaties zoals bos, heide, grasland of duinen zijn voor de meeste mossorten veel te



Knikkersterretje *Syntrichia papillosa* is een sterk toegenomen stikstofminnende soort die enkel op boomstammen groeit, zelfs in parken in stadscentra. De soort verspreidt zich enkel vegetatief via de broedknoppen op de nerf. (©Wouter Van Landuyt)



Figuur 3. Geschat aantal bezette hokken of veranderingen in bezette hokken in functie van de milieu-indicatorwaarde van de soorten (Ellenbergwaarde, **Box 1**). Rode lijnen betreffen bladmossen, blauwe lijnen betreffen levermossen. De zwarte lijn geeft de lijn van geen verandering aan, alles erboven neemt toe, alles eronder neemt af. In (b) zien we bijvoorbeeld de verandering in aantal bezette uurhokken in functie van het Ellenberg vochtgetal. Soorten met laag vochtgetal zijn gebonden aan droge milieus. Zij nemen eerder toe. Daartegenover zien we dat soorten met hoog vochtgetal, dus van natte milieus, onder de zwarte lijn vallen. Zij gingen dus achteruit. Onzekerheid over deze schattingen is weergegeven door 95% betrouwbaarheidsintervallen (95% zekerheid dat de lijn of het punt zich in dat interval bevindt). (Van Landuyt & Van Calster 2022).

breed afgebakend. Zo komen bepaalde soorten enkel voor op boomstammen, op rotspartijen, op de bodem of zelfs tussen andere mossen zoals veenmosses. Daarom verkozen we voor deze studie veel kleinere habitats te definiëren die dichter bij substraattypes liggen. Als microhabitats voor mossen gebruikten we vooral de substraten waarop of waartussen de mossen groeiden (Hill et al. 2007). We onderscheiden artificieel gesteente (beton, baksteen ...), hard natuurlijk gesteente (graniet, arduin ...), zacht natuurlijk gesteente (krijt, tufsteen ...), veenbodems, grind- of zandbodems, klei- of leembodems, strooisel, mossen die tussen andere mossen groeien (bv. tussen veenmosses), op schors van levende bomen (epifyten) en ten slotte op dood (rottend) hout groeiend. Deze microhabitats herbergen vaak specifieke soorten die enkel op deze substraten voorkomen, maar je hebt uiteraard ook soorten die op een breder spectrum aan substraten voorkomen. Anderzijds zijn er ook soorten die aan zeer specifieke microhabitats gebonden zijn, zoals het inmiddels in ons land uitgestorven Kruikmos *Splachnum ampullaceum* dat groeit op uitwerpselen van vee in veengebieden, en er zijn ook soorten

die in Vlaanderen nagenoeg alleen op bodems groeien die zeer zwaar vervuuld zijn met zware metalen, zoals Ongezoomd ertsmos *Scopelophila cataractae*, Draadjespermos *Pohlia flexuosa* en waarschijnlijk ook Strodakmos *Leptodontium gemmascens* (De Beer et al. 2023).

Veranderingen in de soortensamenstelling van microhabitats

Een opvallend verschil dat we detecteerden is dat bladmossen en levermossen in vele gevallen anders reageerden op dezelfde substraattypes of microhabitats. Op de meeste substraten gaan levermossen achteruit terwijl bladmossen juist relatief toenemen. Dit is te zien in **Figuur 2b**, waar de levermossen van terrestrische substraten gemiddeld tussen de 5 en 25 hokken afnemen. Dit is niet het geval bij de epifytische mossen. Hier gaan zowel bladmossen als levermossen zeer sterk vooruit, zoals te zien is in **Figuur 2b**, waarbij de epifytische levermossen gemiddeld met 75 hokken toenemen en de epifytische bladmossen met 35.



Twee levermosspecialisten van dood hout: links Gedrongen kantmos *Lophocolea heterophylla* (bleekgroen) en rechts Krulbladmos *Nowellia curvifolia* (roodbruin). (© Wouter Van Landuyt)

Bij de soorten van dood hout gaan de levermossen achteruit, terwijl de bladmossen juist toenemen. Voor de soorten die op minerale bodems groeien, gaan levermossen sterk achteruit terwijl bladmossen slechts lichtjes achteruitgaan. Op veenbodems gaan levermossen sterk achteruit terwijl bladmossen relatief gezien toenemen. Soorten die op gesteente groeien blijven min of meer stabiel.

Veranderingen in de soortensamenstelling op basis van milieu-indicatoren

Om de mogelijke oorzaken van de veranderingen in de mosflora te achterhalen, gebruikten we de Ellenbergwaarden die de milieuvoorkeur van de verschillende soorten weerspiegelen. Zoals eerder aangehaald gebruikten we nutriëntindicatoren, vochtindicatoren, lichtindicatoren en temperatuurindicatoren. Voor nutriëntindicatoren was er een licht verschillende trend tussen lever- en bladmossen maar dit resultaat was niet significant. Levermossen van voedselarme milieus zouden licht achteruitgaan en bladmossen licht vooruit en omgekeerd voor de soorten van voedselrijke milieus (**Figuur 3**).

Voor de vochtindicatoren lopen de trends tussen beide groepen gelijk en gaan vooral soorten van vochtige milieus (hogere Ellenberg vochtgetal) achteruit, maar alleen bij de levermossen is deze trend significant. Voorbeelden van achteruitgaande soorten zijn Lippenmos *Chiloscyphus polyanthos*, Hoogveenlevermos *Mylia anomala*, Smal watervorkje *Riccia canaliculata* en Sponswatervorkje *Riccia cavernosa*. De soorten van drogere milieus die sterk vooruitgaan zijn vooral te vinden bij de epifytische mossen.

Wat betreft licht-indicatorwaarden zien we een bij levermossen een lichte tendens voor de afname van soorten van lichtrijke milieus maar deze is statistisch niet significant, bij bladmossen is er geen enkel verschil te detecteren tussen lichtminnende soorten en soorten van schaduwrijke milieus.

Ten slotte is er een significante toename van levermossen die gebonden zijn aan warmere klimaatomstandigheden, bij de bladmossen is die trend niet significant. Voorbeelden

van dergelijke soorten levermossen zijn Ruig boomvorkje *Metzgeria temperata*, Blauw boomvorkje *Metzgeria violacea* en Dwergwratjesmos *Cololejeunea minutissima*.

Reductie van uitstoot van zwaveldioxide en de revival van de epifyten

Een van de opvallendste verschuivingen in de mosflora van 1980 tot 1999 in vergelijking met 2000 tot 2019 is ongetwijfeld de terugkomst van soorten die op de schors van bomen en struiken groeien (epifyten). Dit is voor mossenkenners al lang geen verrassing meer. In de jaren 1980 tot 1999 (en nog meer de decennia ervoor) lag het grootste deel van Vlaanderen onder de invloed van zeer hoge uitstoot van atmosferische zwaveldioxide en stikstofoxiden. Zwaveldioxide in de lucht vormt in combinatie met regenwater zwavelzuur, stikstofoxides vormen salpeterzuur. Samen veroorzaken ze de zogenaamde zure regen. Deze zure neerslag en met name de zwaveldepositie had zijn piek in de periode van 1965 tot 1980 om daarna geleidelijk aan terug te dalen (Engardt et al. 2017). In die periode waren er in grote delen van Vlaanderen nauwelijks nog mossen op bomen te vinden en zeker niet in en om rond grote steden, in de ruime omgeving van grote industriegebieden zoals de Antwerpse haven, de Gentse Kanaalzone of rond kolengestookte elektriciteitscentrales zoals die van Ruien in de Vlaamse Ardennen (Hoffmann 1993). Deze zones werden toen epifytenwoestijnen genoemd, een fenomeen dat toen overigens niet alleen in Vlaanderen aanwezig was maar in grote delen van West-Europa zoals het (zuid)oosten van het Verenigd Koninkrijk (Bates et al. 2004, Gilbert 1968, Pescott et al. 2015) en grote delen van Nederland (Greven 1992).

De situatie is intussen gevoelig verbeterd door reductie van de zwaveluitstoot door de industrie, de volledige afbouw van kolengestookte elektriciteitscentrales en de ontzwaveling van brandstoffen in het verkeer. In Vlaanderen daalde de atmosferische zwaveldepositie van 252.100 ton SO₂ in 1990 tot 28.109 ton in 2018 (MIRA 2018).

Epifytische mossen, zowel lever- als bladmossen, zijn vooral hierdoor sterk toegenomen. Bij de bladmossen gaat om een heel uitgebreid gamma aan soorten zoals Vliermos *Cryphaea heteromalla*, Knikkend palmpjesmos *Isoetecium myosuroides*,



Mossen groeien vaak op specifieke microhabitats, zoals dode liggende boomstammen, boomvoeten en steilwandjes langs beekjes. Op de met bladeren bedekte bosbodem is weinig plaats voor mossen. (© Wouter Van Landuyt)

Eekhoortjesmos *Leucodon sciuroides*, Gewone haarmuts *Orthotrichum affine*, Gladde haarmuts *Orthotrichum striatum*, Gekroesde haarmuts *Orthotrichum pulchellum*, Slanke haarmuts *Orthotrichum tenellum*, Broedhaarmuts *Orthotrichum lyellii*, Broedkroesmos *Ulotia phyllantha*, Boommoss *Pylaisia polyantha*, Knikkersterretje *Syntrichia papillosa* en Staafjesiepenmos *Zygodon conoideus*. Bij de levermossen zijn de sterkst uitbreidende soorten Helmroestmos *Frullania dilatata*, Gewoon schijfjesmos *Radula complanata*, Bleek boomvorkje *Metzgeria furcata*, Blauw boomvorkje *Metzgeria violacea*, Dwergwratjesmos *Cololejeunea minutissima* en Gewoon pelsmos *Porella platyphylla*.

Opvallend is ook dat de terugkeer van epifyten vaak opvallend sneller gaat op jonge bomen en struiken dan op oude boomstammen. Vermoedelijk herbergt de schors van die oude bomen nog sporen van de historische vervuiling en de oude bomen blijken dan ook een zuurdere schors te hebben dan jonge bomen (Batty et al. 2003).

Dood hout in het bos

Dood hout is een ook belangrijk microhabitat voor mossen. Hoewel veel soorten die op dood hout groeien ook wel terrestrisch kunnen groeien, zijn er ook echte doodhoutspecialisten. Deze groeien over het algemeen niet op de schors van dode bomen maar op het hout als de schors er al afgevallen is en het hout begint te rotten. Hoe ouder de bomen waren en dus hoe dikker het dood hout, hoe beter het is voor doodhoutsoorten, niet enkel omwille van de omvang maar ook omdat het langer blijft liggen en niet zo rap wegtrot. Ook

de boomsoort speelt hierbij een rol. Dennen, eiken maar ook dikke beuken rotten minder snel dan bv. populieren. De kans dat dergelijke stammen gekoloniseerd worden door specialisten is dan ook groter. Na verloop van tijd worden deze micromilieus echter ook gekoloniseerd door mossen die ook terrestrisch kunnen groeien. In bepaalde bossen ligt er een dik bladertapijt op de bodem, waardoor mossen bedolven raken en bijgevolg dode boomstammen een refugium vormen voor de soorten die normaal ook op de bosbodem groeien.

Bladmossen die op dood hout groeien nemen gemiddeld gezien toe, terwijl levermossen gemiddeld gezien afnemen. Onder de bladmossen die toenamen vinden we o.a. Glad dikkopmos *Brachythecium salebrosum*, Bros gaffeltandmos *Dicranum tauricum*, Geklauwd pronkmos *Herzogiella seligeri*, Riempjesmos *Rhytidiadelphus loreus* en de recente nieuwkomer Schorsdekmos *Sematophyllum substrumulosum* (De Beer & Arts 2000). Een uitzondering op deze algemene trend is Gewoon knopjesmos *Aulacomnium androgynum*. Voorbeelden van achteruitgaande levermossen die (op zijn minst voor een deel) op dood hout groeien zijn Gewoon maanmos *Cephalozia bicuspidata*, Rood draadmos *Cephaloziella rubella*, Gewoon kantmos *Lophocolea bidentata* en Gewoon trapmos *Lophozia ventricosa*. Krulbladmos *Nowellia curvifolia* is echter een opvallende uitzondering in deze reeks van achteruitgaande soorten levermossen. Het is een echte specialist van dood hout, die vooral te vinden is op ontschorste boomstammen in vochtige omstandigheden (bv. een boomstam die over een beekje gevallen is). De verschillende trends tussen bladmossen en levermossen kunnen te maken hebben met



Gewoon knopjesmos *Aulacomnium androgynum* is een achteruitgaand bladmos dat enkel op dood hout groeit. (© Wouter Van Landuyt)

klimaatveranderingen. Volgens onderzoek uit Zweden wordt een toenemende competitie tussen bladmossen en levermossen verwacht bij stijgende temperaturen (Lobel et al. 2018). Kortlevende doodhoutspecialisten hangen meer af van koude en natte winters voor hun geslachtelijke voortplanting en kunnen verdrongen worden door meer generalistische soorten bladmossen die ook op de bosbodem kunnen groeien bij warmere zomers en meer langere drogere periodes. Volgens deze studie zouden levermossen ook gevoeliger zijn voor klimaatveranderingen dan bladmossen.

Het oprichten van integrale bosreservaten waar geen beheer meer gebeurt en waar dikke oude bomen na een storm gewoon konden blijven liggen en langzaam verteren heeft zeker bijgedragen tot het behoud en lokaal zelfs een toename van doodhoutspecialisten. Het eerste initiatief in die richting waarbij een deel van het bos niet meer beheerd werd, was het huidige Joseph Zwaenepoel bosreservaat in het Zoniënwoud, waar in 1982 besloten werd om geen actief beheer meer te doen, geen bomen meer te kappen en omgevallen bomen te laten liggen. Ondertussen zijn er 57 bosreservaten met een oppervlakte van 3.186 ha (Stevens & Alaerts 2020) waarvan drie vierden integrale bosreservaten.

Bodembewonende soorten

Op alle minerale bodemsubstraten gaan levermossen achteruit behalve op stenige substraten, maar dit is ook het geval voor bladmossen, hoewel minder sterk. Op veenbodems zijn het vooral de levermossen die achteruitgaan terwijl de bladmossen daar eerder toenemen. Bodembewonende levermossen zijn zeer concurrentiegevoelig en kunnen verdrongen worden door grote matten vormende en sterker competitieve bladmossen zoals Gewoon dikkopmos *Brachythecium rutabulum*, Heideklauwtjesmos *Hypnum jutlandicum* of ook door invasieve exotische soorten mos zoals Grijs kronkelsteeltje *Campylopus introflexus*. Ook toegenomen concurrentie met grassen of bramen onder de invloed van de te hoge stikstofdepositie kunnen hierin een rol spelen.

De invloed van klimaatveranderingen op verschuivingen in de mosflora

Klimaatverandering manifesteert zich op verschillende fronten. Niet alleen zijn er gemiddeld vooral mildere winters en warmere zomers, ook de extremen nemen toe. Hoewel in West-Europa de gemiddelde neerslaghoeveelheden niet veranderen of zelfs lichtjes toegenomen zijn, is de spreiding van die neerslag veel meer geconcentreerd en zullen zomerse droogteperiodes en hittegolven wel veel frequenter worden (IPPC 2021).

Levermossen met een zuidelijke verspreiding zijn significant toegenomen maar het zijn ook vaak epifytische soorten zoals Dwergwratjesmos *Cololejeunia minutissima*, Blauw boomvorkje *Metzgeria violacea* en Ruig boomvorkje *Metzgeria temperata*. Onder de levermossen bij de epifyten zitten overigens ook enkele soorten met een opvallende tegengestelde trend: de sterkst stijgende epifytische soort is Dwergwratjesmos terwijl de sterkst afgenomen soort Boomfranjemos *Ptilidium pulcherrimum* is.

Dwergwratjesmos is een soort met een zuidelijke, tropische tot Atlantische verspreiding die pas voor het eerst in Vlaanderen gevonden werd in 1985 (Hoffmann 1985) en momenteel verspreid te vinden is over het grootste deel van Vlaanderen. Boomfranjemos is een soort met een noordelijke verspreiding die in de periode 1980 tot 2000 in het oosten van Vlaanderen vrij verspreid voorkwam, maar daarna pijlsnel achteruitging en ondertussen zo goed als verdwenen is, de laatste vondst in Vlaanderen dateert al van 2013. Boomfranjemos kwam voor op boomstammen met zuurdere pH terwijl Dwergwratjesmos meer op stammen groeit met een neutrale zuurtegraad (pH).

Ook bij soorten van vochtige milieus is een achteruitgang te merken zowel bij blad- als levermossen, hoewel dit enkel bij de levermossen significant is. Levermossen hebben over het algemeen minder morfologische aanpassingen die hen tegen droogte beschermen, dit in tegenstelling tot bladmossen die gebruikmaken van glasharen, papillen, lamellen op het blad en kussen-vormige groeivormen, die hen beter beschermen in tijden van droogte. Hoewel de hoeveelheid neerslag in België gemiddeld niet gedaald is of zelfs licht gestegen (Bertrand et al. 2021), valt die neerslag minder regelmatig en zijn er meer periodes van intense regen maar ook meer lange droogteperiodes en hittegolven (IPPC 2021) die voor meer droogtestress bij mossen zorgen.

Conclusies

Deze analyse over vier decaden van mosseninventarisaties toont behalve optimistische noten ook minder positieve signalen. De optimistische signalen zoals de terugkeer van de epifytische soorten na decennia van zware zwaveluitstoot door verbranding van fossiele zwavelhoudende brandstoffen leert ons dat een gericht milieubeleid wel degelijk tot herstel van bepaalde soortengroepen kan leiden op relatief korte termijn.

Aan de andere kant zien we ook negatieve trends. De uitstoot van fossiele brandstoffen leidt tot een toename van hittegolven en de daarbij horende droogteperiodes. Dit veroorzaakt een achteruitgang van soorten die gebonden zijn aan natte en vochtige milieus waarbij de levermossen de belangrijkste slachtoffers zijn. De fragmentatie van de Vlaamse natuurgebieden en de verstedelijking van Vlaanderen versterken die effect nog doordat natuurgebieden minder gebufferd zijn tegen verdroging en gefragmenteerde bosgebieden minder gebufferd zijn voor klimaatopwarming (Vangansbeke et al. 2022).

De terrestrische levermossen zijn de grootste verliezers in dit verhaal. In tegenstelling tot vele bladmossen hebben ze nauwelijks adaptaties aan warmte en felle zonnestraling, zoals papillen op de bladcellen en glasharen om het zonlicht te reflecteren en ze krullen ook niet op zoals vele bladmossen doen bij droogte. Levermossen blijken onder de landplanten het meest gevoelig te zijn voor klimaatveranderingen. Levermossen hebben een lagere soortenrijkdom in zowel zuidelijke als noordelijke regio's; hun grootste soortenrijkdom komt voor in gematigde en natte klimaten (Mateo et al. 2016).

Hoewel dit in deze studie niet statistisch kon aangetoond worden, lijkt de aanhoudende stikstofuitstoot die slechts

langzaam afneemt tot een accumulatie-effect te leiden in terrestrische milieus en mogelijk tot een verdringing van de gevoelige terrestrische levermossen door minder gevoelige bladmossen (met name door algemene slaapmossen) of door grassen en bramen. De Rode Lijst van de hauw-, lever- en bladmossen van Vlaanderen toont namelijk aan dat een groot deel

van de soorten van voedselarme milieus in de sterkst bedreigde categorieën zitten (Van Landuyt & De Beer 2017). Veel van deze soorten staan op de Rode Lijst omwille van hun zeldzaamheid en zijn vermoedelijk waarschijnlijk al voor 1980 sterk afgenomen en beperkt tot enkele groeiplaatsen.

SUMMARY

Van Landuyt W., De Beer D. & Van Calster H. 2023. The changing moss flora of Flanders (1980–2019). *NATUURFOCUS* 22(4): 144–151 [In Dutch].

In densely populated highly industrialised regions such as Flanders, mosses and liverworts are under significant environmental pressures arising from air pollution, land use changes and climate change, which affect distribution patterns and species abundance. We compared bryophyte distribution data for 1980–1999 and 2000–2019. Species traits data were analysed to detect general trends in changes in occupancy for different species of moss and liverwort. Improvements in air quality, particularly due to reduced SO₂ and NO_x emissions, have allowed epiphytic bryophyte species numbers to recover. Among terrestrial species there has been a decline in the number of liverwort species especially, and particularly those adapted to wet, cold conditions. This is probably due to longer and more frequent drought periods during summer, coupled with rising ambient temperatures. Larger, more robust wetlands and forests could be created to mitigate against this decline, these habitats being very fragmented in Flanders.

AUTEURS

Wouter Van Landuyt is onderzoeker in het team 'soortendiversiteit' op het INBO (Instituut voor Natuur en Bosonderzoek). Zijn onderzoek richt zich op veranderingen in plantensoorten en plantenverspreiding in Vlaanderen en de ecologie van plantensoorten. Dirk De Beer is mossenexpert en was jarenlang voorzitter van de Werkgroep Bryologie en Lichenologie. Hij is auteur van talrijke publicaties over mossen. Hans Van Calster is statisticus, met een achtergrond in bosecologie, in het INBO (Instituut voor Natuur en Bosonderzoek). Zijn onderzoeksinteresses omvat statistische ecologie, vegetatie-ecologie, bosecologie en conservatiebeheer. Hij ondersteunt en promoot het gebruik van open en reproduceerbare onderzoeksinstrumenten in de wetenschap.

CONTACT

Wouter Van Landuyt, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel
E-mail: wouter.vanlanduyt@inbo.be

REFERENTIES

Bates J.W., Roy D.B. & Preston C.D. 2004. Occurrence of epiphytic bryophytes in a 'tetrad' transect across southern Britain. 2. Analysis and modelling of epiphyte-environment relationships. *Journal of Bryology* 26: 181–197.
Batty K., Bates J.W. & Bell J.N.B. 2003. A transplant experiment on the factors preventing lichen colonization of oak bark in southeast England under declining SO₂ pollution. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne de Botanique* 81(5): 439–451.
Bertrand C., Ingels R. & Journée M. 2021. Homogenization and trends analysis of the Belgian historical precipitation time series. *International Journal of Climatology* 41(11): 1–18.

De Beer D. & Arts, T. 2000. *Sematophyllum substromulosum*, nieuw voor de Belgische Flora. *Belgian Journal of Botany*, 133(1/2): 15–20.
De Beer D., Van Acker K. & Ceulemans T. 2013. *Leptodontium gemmascens*: a metal-tolerant moss or a pure metallophyte? *Field Bryology* 129: 8–13.
De Beer D., & Van Landuyt W. 2019. Aanvullingen en correcties bij de Vlaamse checklist mossen (hauwmossen, levermossen, bladmossen). *Dumortiera* 115: 3–27.
Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulißen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 1–248.
Engardt M., Simpson D., Schwikowski M. & Granat L. 2017. Deposition of sulphur and nitrogen in Europe 1900–2050. Model calculations and comparison to historical observations. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology* 69(1): 1–20.
Gilbert O.L. 1968. Bryophytes as indicators of air pollution in Tyne Valley. *New Phytologist* 67(1): 15–30.
Grevin H. 1992. Changes in the Dutch Bryophyte Flora and Air Pollution (Dissertationes Botanicae Band 194). J. Cramer. Berlin – Stuttgart.
Hill M.O., Preston C.D., Bosanquet S.D.S. & Roy D.B. 2007. BRYOATT: attributes of British and Irish mosses, liverworts and hornworts. Centre For Ecology And Hydrology. Monks Wood.
Hoffmann M. 1985. *Cololejeunea minutissima*, nieuw voor België. *Dumortiera* 33.
Hoffmann M. 1993. Verspreiding, fytosociologie en ecologie van epifyten en epifytengemeenschappen in Oost- en West-Vlaanderen. Universiteit Gent (RUG).
IPCC 2021. Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
Lobel S., Mair L., Lonnell N., Schroder B. & Snall T. 2018. Biological traits explain bryophyte species distributions and responses to forest fragmentation and climatic variation. *Journal of Ecology* 106(4): 1700–1713.
Mateo R.G., Broennimann O., Normand S., Petitpierre B., Araujo M.B., Svenning J.C. et al. 2016. The mossy north: an inverse latitudinal diversity gradient in European bryophytes. *Scientific Reports* 6: 25546.
Pescott O.L., Simkin J.M., August T.A., Randle Z., Dore A. J. & Botham M.S. 2015. Air pollution and its effects on lichens, bryophytes and lichen-feeding Lepidoptera: review and evidence from biological records. *Biological Journal of the Linnean Society* 115(3): 611–635.
Stevens M. & Alaerts K. 2020. Bos. In: Schneiders A., Alaerts K., Michels H., Stevens M., Van Gossom P., Van Reeth W. et al. (Eds.), *Natuurrapport 2020: feiten en cijfers voor een nieuw biodiversiteitsbeleid*. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. 190–205.
Telfer M.G., Preston C.D. & Rothery P. 2002. A general method for measuring relative change in range size from biological atlas data. *Biological Conservation* 107: 99–109.
Vangansbeke P., De Lombarde E., Depauw L., Haesen S., Meeussen C., Sanczuk P. et al. 2022. Het belang van microklimaat in Vlaamse bossen. *NATUURFOCUS* 22(1): 13–23.
Van Landuyt W., Brosens D. & De Beer D. 2022. Florabank2: a grid-based database on distribution of bryophytes in the northern part of Belgium (Flanders and the Brussels Capital region).
Van Landuyt W. & De Beer D. 2017. Een Rode Lijst van de hauwmossen, levermossen en bladmossen van Vlaanderen. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
Van Landuyt W., De Beer D., Raeymaekers G., Nagels C., Hoste S., Reyniers J. et al. 2020. Voorlopige verspreidingsatlas van de hauw-, lever- en bladmossen van Vlaanderen. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
Van Landuyt W. & Van Calster H. 2022. Changes in the distribution of bryophytes in a highly urbanised region in Western Europe (Flanders, Belgium): a species-traits analysis. *Journal of Bryology* 44(3): 199–207.